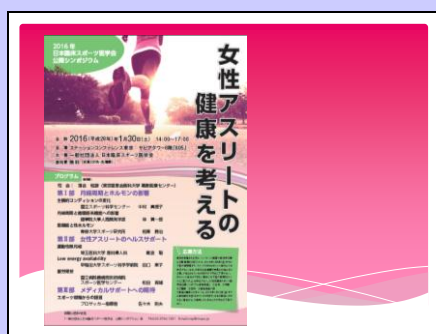
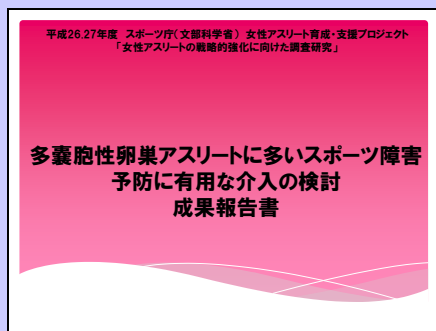
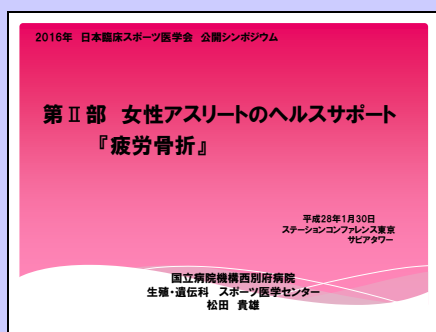




一般向け公開シンポジウム。臨床スポーツ医学会各部会ごとに持ち回りで行うシンポジウム（昨年は小児科）。産婦人科領域でそれぞれ著名な講師がシンポジストを務めた。

第Ⅰ部は基礎的分野。



第Ⅱ部は臨床的な対応について。

- 1、「運動性無月経」 難波聡先生
- 2、Low energy availability 田口素子先生（公認スポーツ栄養士）

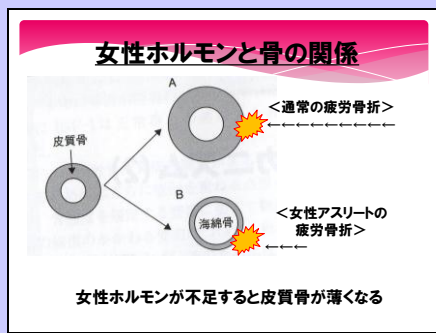
を受けて、女性アスリートの3徴の骨粗鬆症に対応するものとして「疲労骨折」を担当。通常骨折は専門の整形外科が担当するところをなぜ婦人科が話すのか？

<新たな示唆>

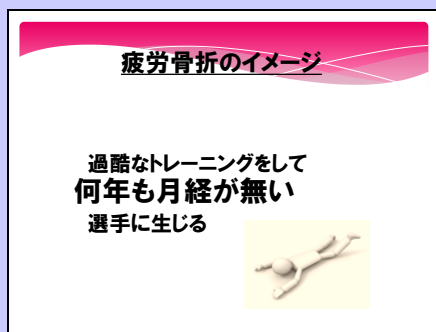
多嚢胞性卵巣症候群があると「エネルギー不足」になり「疲労骨折」を生じやすい。

且つ靱帯を痛めやすい。（膝前十字靱帯損傷含む）

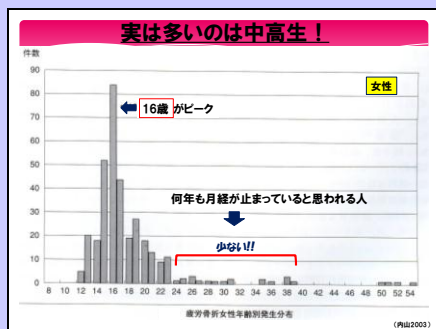
且つ貧血・鉄欠乏になりやすい。（アスリート貧血）



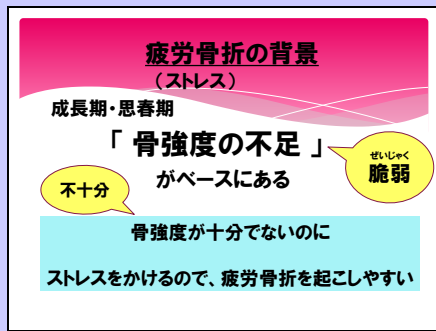
疲労骨折が女性ホルモンと関係するから女性ホルモンが不足すると、より強度の高い皮質骨が非薄化します。通常骨折をきたさない軽微なインパクトが繰り返して同じ場所にかかることで生じる、通常のストレス骨折に対して、ホルモン不足で「脆弱」になった骨は少ない頻度のインパクトで骨折を生じるようになることから、女性ホルモンの関与が考えられるということで、婦人科が担当しました。



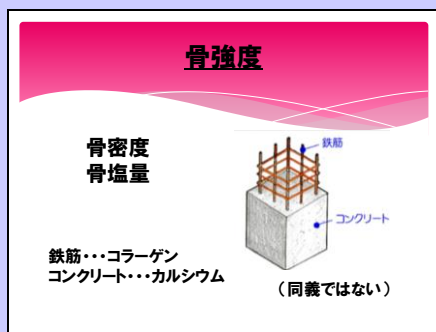
それでは女性アスリートの疲労骨折というと一般に過酷なトレーニングを何年間も続けることで、無月経となり、それが何年間も続くことで骨折に至ると考えがちですが・・・



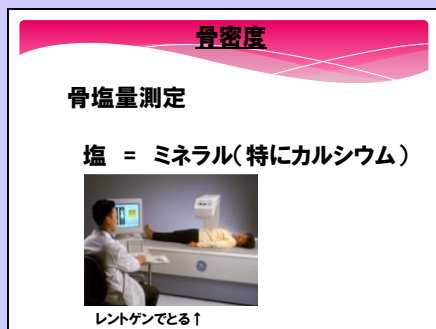
これは関東労災の内山先生が2003年に発表したデータですが、発症のピークは16歳で、その前の若い世代に生じて、一見目立つ社会人のマラソン選手など何年も月経が止まっていた人に生じるのは実は少なく多くは中高校生に生じていることがわかります。



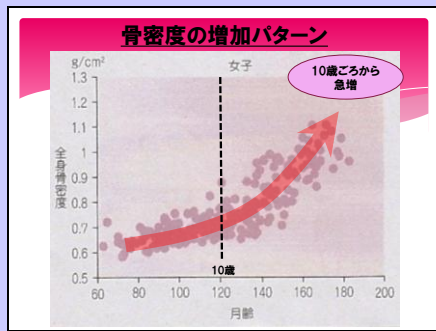
何年間も止まってではなく、つまり一旦上昇した骨強度が無月経で低下して起こるのでもなく（これまでの高齢者での骨粗鬆症の考え方）、骨密度が十分な状況に至らない、不足していて（不十分）生じる、骨が脆いまま（脆弱）故に生じることが推測されます。



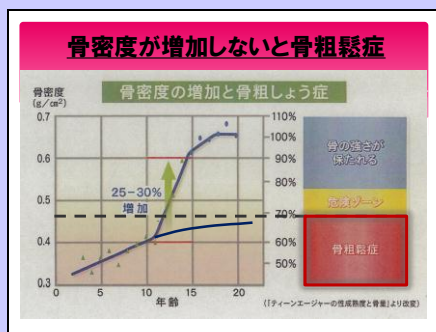
ここで骨の強度について。
鉄筋コンクリートに例えられますが、骨密度として測定されるのはコンクリートにあたります。



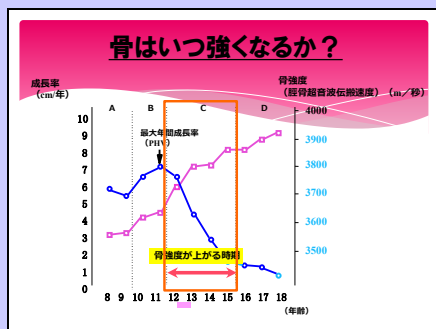
カルシウムなどミネラルは「塩」と表現され、骨塩定量、骨密度と一般に言われます。
骨強度の全てを表すものではありません。



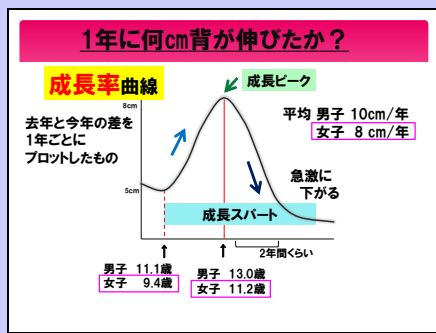
骨のカルシウム次第、つまり石灰化は10歳くらいまでに約6割くらいまで完成していて、残りの4割は10歳以降に増加します。



この時期に増加しないと若年成人女性、20歳前後に最大としてその何%かで表すのがYAM (young Adult Mean) で現在高齢者では70%以下を骨粗鬆症と定義していますが、10歳のままだとおそらくそれにも満たない骨密度のままということになります。

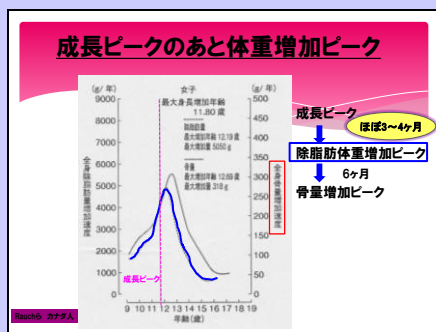


これを成長の時期でみていくためにあとで説明する成長率曲線と対比すると、1年間で最も背の伸びた時期よりあとに急激に骨密度が上昇していることがわかります。

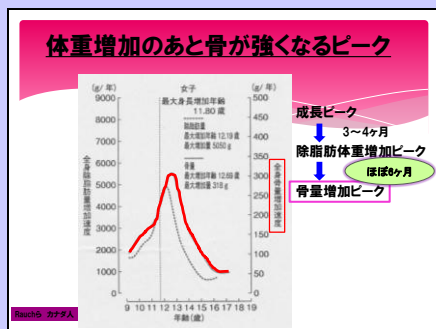


その成長率曲線とは!?

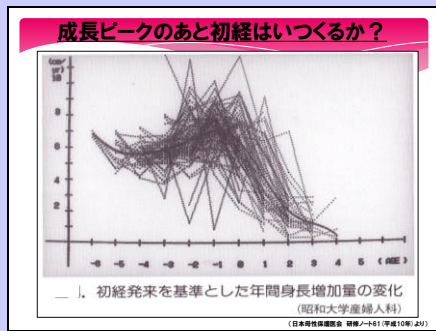
それまでだいたい年間、8～10cmくらい急激に身長が伸びだし、最も伸びた時期を成長ピークと呼んでいます。ピークがくる年齢は男女差があり、個人差があることがわかっていますが、女子ではだいたい11歳ごろです。



この成長ピークの年を点線で表しています。これはカナダ人のデータで若干日本よりも遅れますが、順番は同じで成長ピークのほぼ3～4ヶ月後に「除脂肪体重」、脂肪を除いた体重でほぼ筋肉量と相関しますが、その増加ピークがきます。



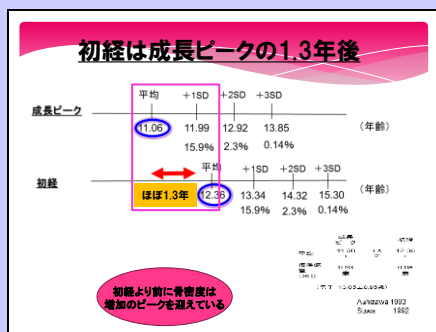
その6ヶ月後に骨密度の増加ピークがくる。つまり成長ピークの1年以内に急激に骨密度も増加する時期があることを表しています。



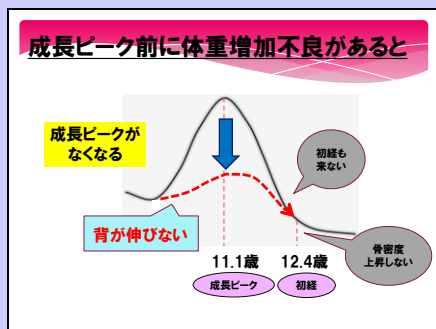
それではこれに対して初経の発来はいつでしょうか。

平成10年産婦人科の研修ノートでグラフを見つけました。逆に初経がきた年を0歳として、その前後で成長率をプロットしたもので初経の前に成長ピークがあることを表しています。

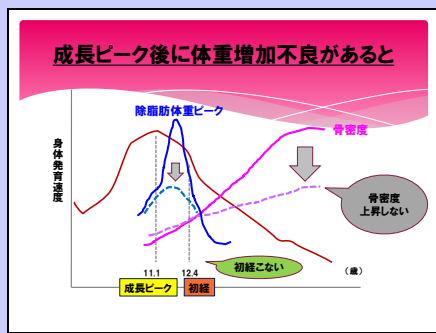
(成長ピークが来た年齢を婦人年齢0歳と言います)



1990年代にほぼ日本人の成長が納まり2000年頃から一定で初経年齢の低年齢化が止まったとされていますが、そのあたりのデータでは成長ピークは11.1歳が平均で標準偏差がほぼ1歳で分布し、その1.3年後の12.4歳で初経発来平均。これも同じく標準偏差ほぼ1歳となっています。



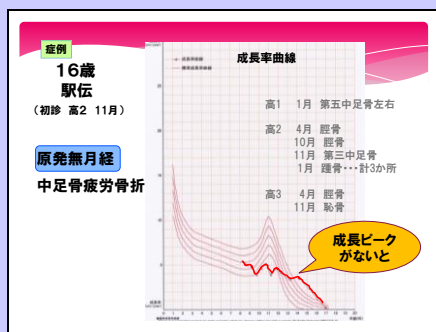
つまりこの間（成長ピーク～初経）に骨密度の増加がみられることがわかり、成長ピークがない状態つまり背が伸びていない、これはあとで説明しますが十分に体重の増加がないと背が伸びないこととなり、成長ピーク前に原因があることになります。これらが全て生じて骨が強くならない。



成長ピークは迎えたもののその後体重が十分増加しない状態があるとこれも順番的に、次に起こる骨密度の増加が十分でないことになりこれも骨強度に影響すると考えられます。

注) カナダでは“除脂肪”体重、本邦では“体重”としてのデータしかなく、ここで少し時期の差がでます。

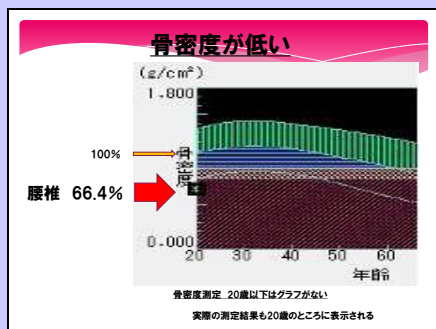
体重のデータでは、成長ピークと体重（除脂肪でない）の増加ピークはほぼ同じかやや早い。



症例を呈示します。

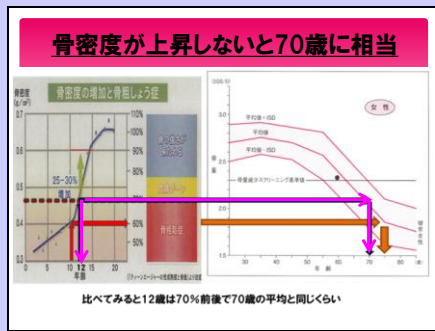
我々の施設で最も治療に苦慮した選手です。

高校生になって「疲労骨折のデパート状態」になりますが、成長率曲線から成長ピークがないことが伺われます。

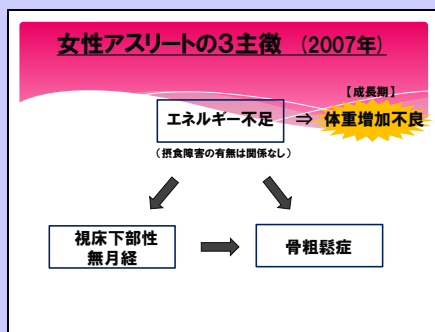


この選手は腰椎がDEXA法でYAMの66%で、骨粗鬆症レベルでした。

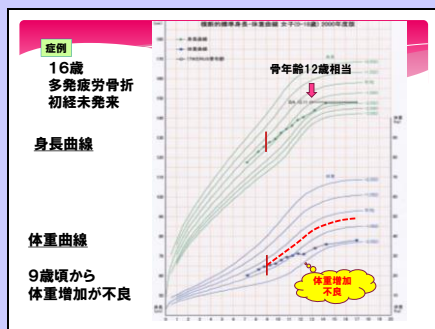
橈骨が右端の60何歳の、平均にも満たないレベルで骨密度年齢70歳くらいともいえます。



YAMでは印象が薄いので「骨密度年齢」という表現をしています。10歳では75歳相当にあたります。12歳で75歳相当にあたり、つまり小学生の骨密度は70歳代の高齢女性と同じレベルであることがわかります。



つまり女性アスリートの3徴は成長の終了した成人女性においての生じてはいけない3つの徴候ですが、成長期においてはエネルギー不足は短的に成長不足、つまり成長に合わせて体重が増加すべきにも関わらず体重が増加していないことで表されると考えてます。



実際先ほどの症例の、身長体重の成長曲線をみると9歳ごろよりだんだん痩せの方向、曲線の下方偏移がみられるようになっていきます。9歳時に $-0.5SD$ くらいが、12歳で $-1SD$ のラインを割り（チャンネル下方移動）その後もどんどん曲線から下方へ外れています。

疲労骨折と無月経

(いったん月経があった選手が) **成年**

激しい運動をすることで
エネルギー不足になり
女性ホルモンが低下して
骨密度が低下して
生じる

とっていました。

つまり成長期では骨密度が低下して、ではなく

ではなく・・・

成長期・思春期の疲労骨折
≡脆弱骨折

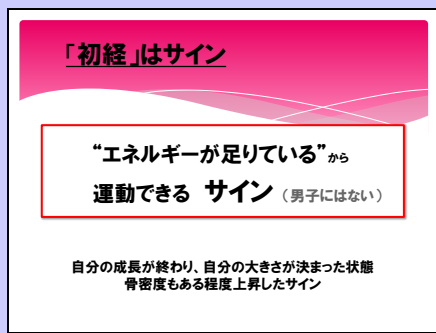
体重増加不良で
初経が遅れて(初経遅延)
(女性ホルモンが上昇しない)
骨が強くなっていない状態で
運動させるので
骨が折れる

上昇しないので、骨が脆弱のままなため骨が折れる
と考えた方がいいということになります。

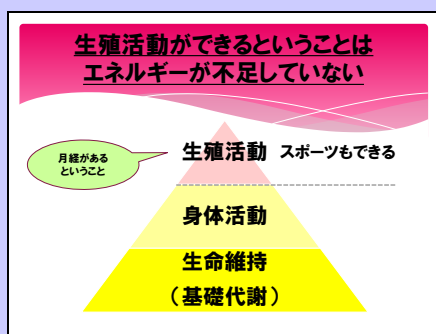
女子成長期ジュニアアスリートの3徴

体重増加不良 → **初経遅延**
↓
骨脆弱

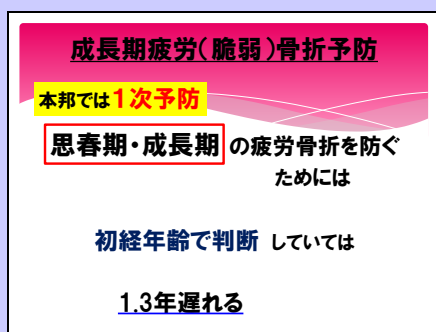
ジュニアアスリートは体重増加不良が骨の脆弱な
ままに直結すると言えます。従って初経がどうこ
うと言う時期の問題ではなく、それ以前に注意す
べき時期があることになります。



成長ピークがわからない場合は初経が遅れることが目安になりますが、ないことがサインは実は難しいものですが、つまり月経があるということはエネルギー状態は良好ということで、



生殖については日常の身体活動に必要なエネルギーが十分ある上でのことで、月経は生殖に適するくらいのエネルギー状態に至っているというサインであり、初経が自力でくることはそこに至ったともいえ、エネルギー状態の指標と言えます。



先ほど述べたようにないものかいつくるかは予測できないので、目で見えて表せる状況が必要で、成長率曲線を描いて視覚化すべきです。少なくとも初経年齢より成長ピーク年齢は1.3歳早いので、それで判断していかないと14歳くらいで疲労骨折は生じているので、予防にならないと言えます。

「エネルギー不足」の判断

13歳までに
(平均11歳の+2SD)

成長ピークがない場合
※女子6cm以上(平均8cmの-2SD)

つまりアメリカスポーツ医学会は2次予防で疲労骨折を生じたアスリートの次の骨折の予防が主眼で、若年で生じる骨折の予防の目的ではないと考えられます。本邦では起こさせない、1次予防を目的とすべきで、そうした場合初経年齢ではなく成長ピークで判断すべきと考えます。

エネルギー不足の予防

**骨密度増加には、
身長に見合った
「体重増加」
が必須**

(除脂肪体重が増えないと骨は強くならない)
⇒1年間体重増加を試してみる(2007 ACSM)

要するに成長期に体重制限はもってのほかということで、痩せているなりに体重増加が必要となります。

アメリカでは2次予防なので体重増加を1年間待ってという判断になりますが、本邦では1年待っていたら確実にリスクが増えることに繋がります。

※女性アスリートの3徴では体重となっていますが、海外なので実際は除脂肪体重を意味していると考えられます。

女性アスリートの3徴の治療

1年間体重増加がうまくいかなかったら

女性ホルモン剤投与

(2014 ACSM)

アメリカでは1年間体重増加がみられなければ、次の介入として女性ホルモン投与を考慮するとなっていますが

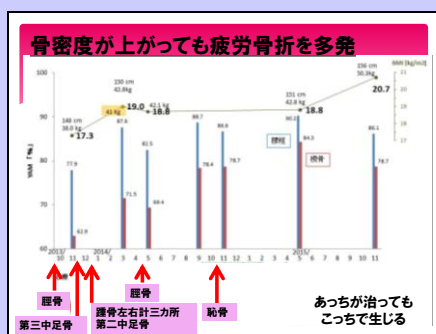
本邦でもそれでいいのか？

アスリートの骨粗鬆症治療に
「エストロゲンは必要ない」
(女性ホルモン) と言っている

(2007 ACSMを基に)

2次予防

本邦でも女性アスリートへのエストロゲン投与は骨密度増加に寄与しないとのアメリカの提言を受け、カルシウムの増量かビタミンDの投与を推奨していますが、果たしてその対応でつまり2次予防と1次予防、成長期を一緒にして考えてよいものでしょうか？
本邦独自に判断すべきでしょう。



再有症症例では体重の増加と共に骨密度は急増していることがわかります。しかしながら増加したあとも疲労骨折がくり返して生じています。特に最後に恥骨の疲労骨折が生じています。(これは重症度の高い部位の骨折として取り上げられているものです)

骨の強さは骨塩量だけではない

骨 <骨の強さ>

海綿骨 <皮質骨>

海綿骨 → 緻密骨

女性ホルモン エストロゲン 依存

つまり体幹、大腿部、骨盤の骨については2014年の競技復帰の指針でも取り上げられており、最後まで骨折しやすい部位として残ります。海綿骨がより強度の強い緻密骨に変化する際にエストロゲンが必要とされています。

エストロゲンは必要

プラス **エストロゲン依存性** に
海綿骨の石灰化(ミネラル化)
(緻密骨化) と
皮質骨 の成長
 が生じる



“リモデリング”
に必要

骨成長の成長板の低下は皮質骨化して強度が増し、その際にエストラジオールが重要となります。

女性ホルモンを与えると背が伸びない
 と言われているが...



女性ホルモンを
投与すると
身長伸びが止まる

骨端線閉鎖
作用

女性ホルモン投与となると、よく背の伸びが止まるというイメージがありますが、

初経がきていれば...
背もそこそこ伸びている

(骨密度もある程度確保できている)

初経がくる頃には
成長ピークは終わっている
骨端線は既に閉じている可能性

初経がきたら、そのくらいには
背があまり伸びない



初経が自力できた場合、それまでに成長ピークは終わっているなのでその時期では先々あまり背は伸びない状況で、

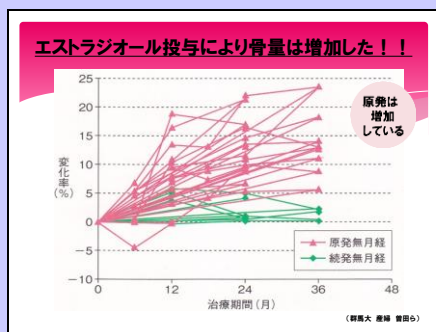
となると
低用量ピルは使える！
(女性ホルモンを含む)

初経がきて3ヶ月たったら

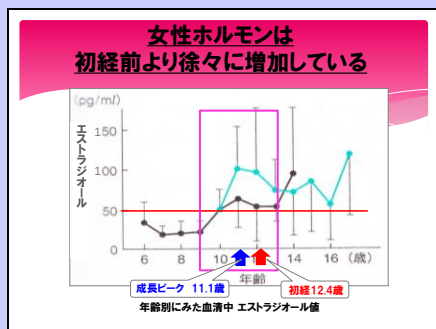
低用量ピル内服をしても可(CQ409)

(背が伸びているから)

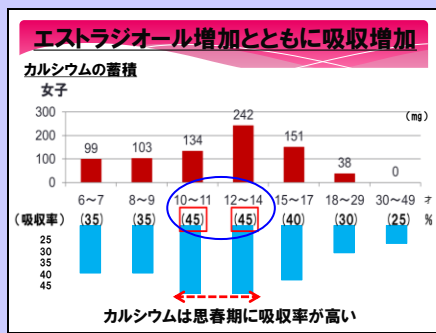
産婦人科のガイドラインでもホルモン剤の投与については初経後すぐで問題ないと提示されています。



産婦人科でも原発性無月経に対しては骨密度が増加されているデータが提示されており、おそらくこれはエストラジオールの貼布剤が用いられており、



骨密度はエストラジオール40～80 (pg/ml)で維持されると高齢女性のデータからエストロゲンウィンドウと呼ばれています。9歳ごろより増加して月経ありなしに関わらず、10歳くらいからすでに50前後はあるというデータで月経のあるなしは100前後かどうかで、レベルに差があります。少なくとも月経なしでも50ある。骨密度の獲得は実は少し低くてラロキシフェン、骨粗鬆症の薬でエストロゲンモジェレーター、ホルモン作用の少ないものとされますが、11くらいで実はよいとの報告もあります。



カルシウムの吸収は10~14歳で著増し、この時期に蓄積が進み18歳を過ぎると著明に減少し、この時期に獲得しないとその後の蓄積は見込めないことを示してきます。これはある時期を逃すといくらエストラジオールを与えてもカルシウムは骨に蓄積されないことを表します。

カルシウムの吸収にエストラジオールが多大な貢献

妊婦に対するカルシウム (mg/日) 付加

年齢	推奨量	エストロゲン 大事と考える
18~29 歳	650	
30~49 歳	650	
(付加量)	2005年からなくなった	(以前)
妊婦	+0	+350
授乳婦	+0	+700

*エストロゲンが大事という例です 意外と産科医でも知りません

日本人の食事摂取基準 2010年版

唯一例外は妊娠中で、以前は妊娠中は胎児に、産後は授乳にカルシウムがとられるとして付加量が定められ、350mg、700mgとカルシウムを増やすべきとされていましたが2010年の食事摂取基準からこれがなくなりました。

妊娠したらカルシウム吸収率が思春期なみに上がる

カルシウム吸収率が上昇する

エストラジオール値 (pg/ml)	カルシウム吸収率
(非妊娠) 黄体期 45~300	23±8%
妊娠10~15週 800~5500	↓
(妊娠時) >13週 11000~49000	
	42±19%

このため、あえて付加をする必要はない

妊娠するとエストラジオール値が排卵前を仮に200として4倍から、末期には100倍に上昇することでカルシウムの吸収率が23%から42%に増加する。これによって不可分の350mgに相当するため付加量が不要とされたわけです。

妊娠したら骨密度は増える！？

「赤ちゃんにカルシウムが取られて減る」
 は実は間違い！
 実は吸収が増える

妊娠は
 究極のアスリートの骨粗鬆症治療！？
 と言える



*ラドクリフ(イギリス)は月経が止まったのは競技生活で1回のみ。精神的なものとのこと。体脂肪10%以下でもきちんと月経がきて、かつ妊娠出産して、復帰してきた。海外のマラソン選手にママさんが多いのは意外と骨密度が妊娠期間中に上昇して逆に強くなったおかげで嬉しい練習にたえられた！？

つまりもともとが日本人は1日450mg前後と不足気味ですがある程度カルシウムを摂取できていれば、あとは吸収率の問題で、海外のマラソン選手にママさんが多いのは実は骨を強化できたたまものと言えなくもないのではないのでしょうか。

低用量だけど高活性

海外では多くのアスリートが
 ビル使っているからホルモン補充は必要ない

LEPのエストラジオール活性

1錠 = プレマリン 6~8錠
 偽妊娠療法 エストラナ 6~8枚

エストラジオール 300~400pg/ml に相当



ビルのシート エストラナテープ

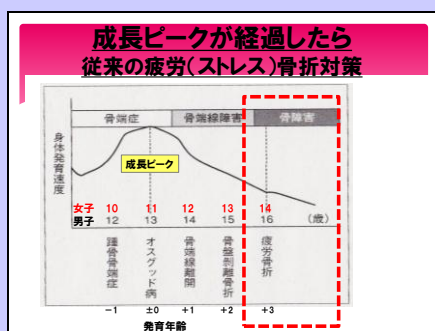
ここ出てくるのが、じゃあ何を考えるべきか？
 初経がきていれば低用量ビル。
 エストロゲンパッチはエストラジオールほぼ50で
 ビル活性は実は用量が低だけで活性は6~8倍で
 300~400つまり成熟女性の排卵直前くらいはあるのでその効果は絶大と考えます。
 (ここではとりあげていませんが、初経前はテープ8分の1くらいから開始、1枚で0.72mgなので
 90μgに相当し、ターナー症候群では8~
 10(pg/ml)くらいでよいことになる)



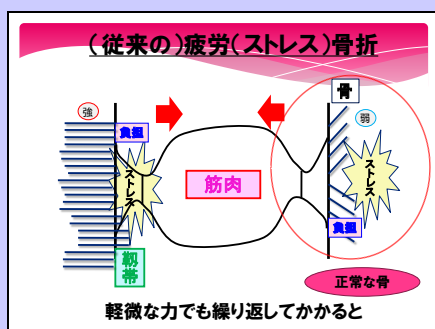
ここで骨密度が上昇すればいいのという問題になりますが、全く成長ピークがなければつまり骨端線が閉じていないわけで、となると骨端症をはじめとして障害が生じる可能性があることを意味します。



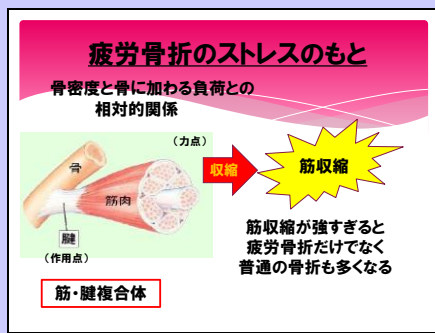
からだの中枢に近い骨端線は閉鎖が遅れ前に述べた、骨盤はハイリスクな部位ですので、背の伸びが止まっても閉鎖していないため生じるわけで。となる逆に高用量で骨端線が閉じてくれた方が障害予防の点ではいいのかもしれません。



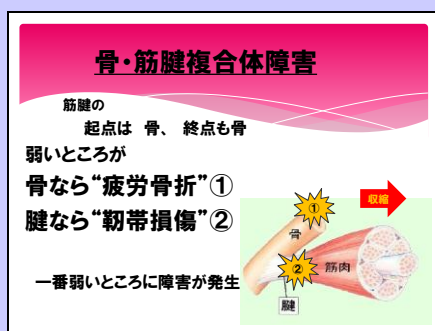
つまり通常の四肢末端側の骨端線が閉じたあとは、従来の成長期ではない疲労骨折と、骨盤・体幹の疲労骨折に注意と、2つに分けて考えるべきでしょう。
 (これを野球肘での例で述べることもあります)



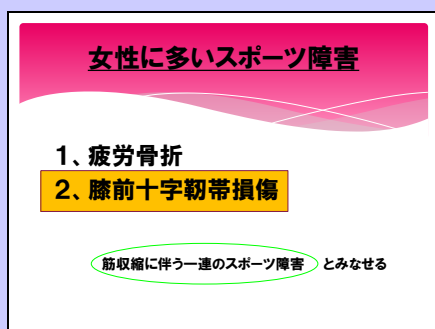
これが通常の軽微なストレスが繰り返してのストレス骨折ですが作用点であるところの骨は考えられていますが、これまでは骨のみで、“筋腱複合体”付着部の障害という観点からみると



もともと筋収縮し負担がかかるのでそれが作用する、最も脆弱な部分がくり返すストレスによって損傷することを考えると、骨強度が上昇したら、次にかかるのは「腱」ということは疲労骨折に隠れてあまり取り上げられていませんでした。

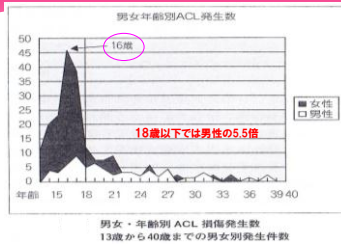


筋腱複合体がかかわって生じるスポーツ障害で弱いところが「骨」なら疲労骨折、「腱」なら腱、ひいては靱帯損傷と考えると



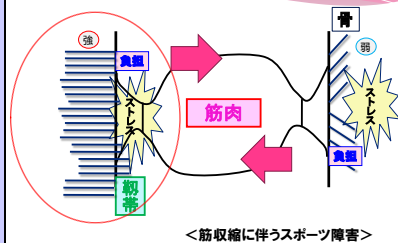
膝前十字靱帯損傷より前に生じる障害は「脛骨近位裂離骨折」と考えます。
筋腱複合体が強くなった時期に生じる。

膝前十字靱帯年齢別発生頻度



つまり、膝前十字靱帯損傷のピークが16歳、骨が強くなったあとと従来型の疲労骨折も通常の骨にオーバートレーニングで折れるもの、脛骨などの疲労骨折は同じく16歳ごろがピークとなるのはいずれでもないのでしょうか。

筋収縮が強くなる状態とは！？



となると筋収縮力が強くなる時期に注意すべきとすれば、予防にはそれがいつかを把握する必要があります。

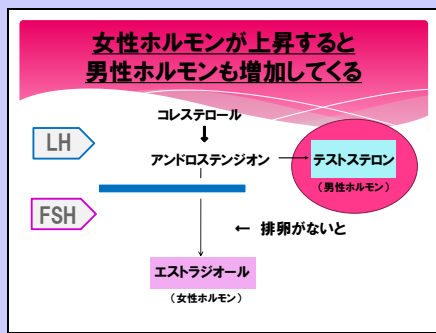
漠然と高校に入って運動量が増え、自然に筋力がついてきたころとも言えますが・・・

テストステロンの作用!?

筋肥大 蛋白合成の増加



筋肥大に働くホルモンは男性ではテストステロンです。女性の場合これまで男性の10分の1くらいしかないのであまり関係ないとされてきました。ちなみにテストステロンは半分卵巣で、もう半分は副腎から作られるデヒドロエピアンドロステロン (DHEA) に由来します。



実は男性ホルモンは女性ホルモンを作る途中の中間産物で、下垂体ホルモンの黄体ホルモン（LH）の作用でコレステロールから変換されます。これが排卵する卵胞の近くで芳香化されエストロゲンに変換されるのでエストロゲン分泌が十分あるということはテストステロン合成も十分あります。

**男性ホルモンが高い女性集団がある
(自然ドーピング状態)**

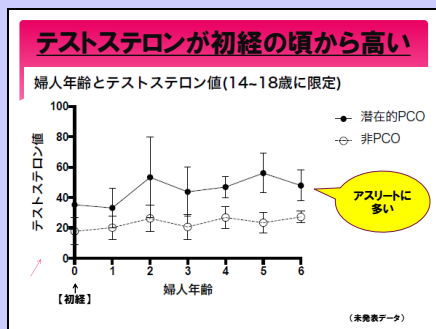
(女性に多いのは女性ホルモンの影響と考えやすいが
実は中でも男性ホルモンの高い人がいる)

**多嚢胞性卵巣症候群(PCOS)
と呼ばれる人たちがいる**

**超音波所見:
首輪状**

「多嚢胞性卵巣」と言われている女性是一般にテストステロンが高値であることが知られています。しかしどれくらいが普通でどれくらいが高いかはあまり示されていませんでした。思春期やその前もいつからどのくらいあるか知られていません。

(正常範囲：7～56ng/ml -2SDから+2SDまで97%の人がこの範囲) 普通ホルモンは±1SDで表すことが多い。



特に思春期のテストステロンの正常レベルについてはあまり報告がなく、実際10～20 (pg/dl) くらいが若年での値のようです。これが成熟期に入ると20～30くらいになり30前後が一般女性の値のようです。これがスポーツをする多嚢胞性卵巣の場合40近くあることがわかりました。

筋肉量が多いと

やせた選手より 体格の
大きい選手の方が
「エネルギー不足」
になりやすい



基礎代謝量が増えるため

これが持続的にテストステロンに曝露されると、少ない違いでも筋量が多くなります。筋量の増加はすなわち除脂肪体重増加で基礎代謝が上がるので必然的に消費カロリーが増える、つまり筋量増加はエネルギー不足に直結しています。

大きい選手で多嚢胞性卵巣の人はエネルギー不足になりやすい!!

※これまで男性の20分の1くらいなのであまり注目されていなかった

筋肉量が増えると

循環する血液の量が増加・ミオグロビン需要増加
⇒ **貧血・鉄不足** になりやすい

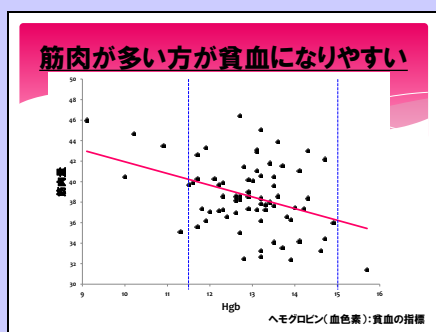
摂取カロリー量と
鉄摂取量は相関する
1000キロカロリー＝鉄6mg
(日本鉄バイオサイエンス学会ガイドライン)



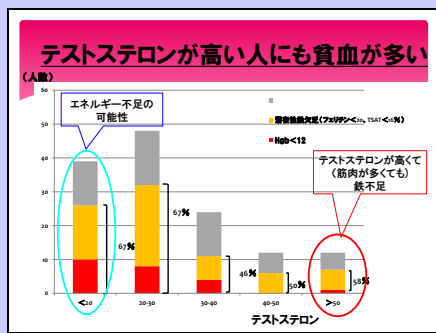
体格はよくても **実はエネルギー不足・貧血**

ここまで大型選手に貧血が多いと言ってきましたが、循環血液量が増えることや組織鉄のミオグロビンに鉄が必要で、そこにとられるからということと考えてきましたが、ここでエネルギー不足と貧血が繋がってきました。

(日本鉄バイオサイエンス学会で1000kcalは鉄6mg相当すると言っていた意味が繋がってきました)



筋肉量が多い人ほど貧血、のデータがやっと意味をなしてきました。



テストステロンが高くて筋量が多い人は鉄不足でしょう。

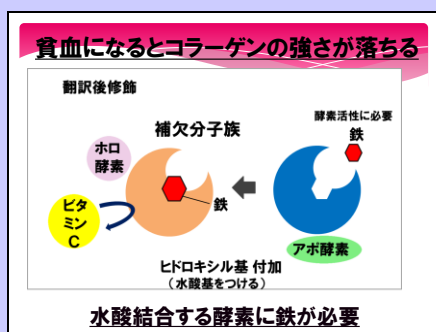
(テストステロンはエネルギー不足とも相関傾向があり、20以上の場合そちらと関連して3分の2が鉄不足)

(筋収縮力の増加にテストステロンは関与しないと言われてきましたが単に筋量でよいとしたらありなのでないでしょうか) 背が高くて多嚢胞性卵巣の選手は走れないとなります。



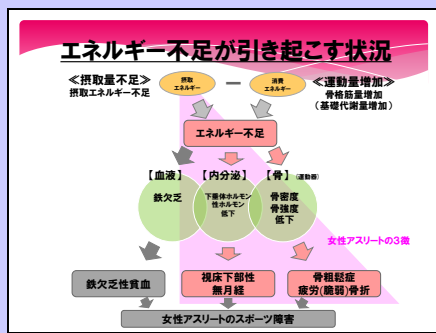
あと貧血が骨強度に關与することについて、これは憶測ですがこうした鉄の不足は酵素活性に影響します。

コラーゲンの3本鎖を束ねるのが水酸結合です。



この水酸結合を生み出すプロリン水酸化酵素は含鉄酵素で鉄がないと活性が低下します。となると骨強後に関与するのでは・・・

あくまで憶測です。(壊血病のビタミンCは鉄の還元に必要なだったわけでもとの鉄がなければビタミンCの役目はないことから多分間違っていないと思っています) となると背の高い多嚢胞性卵巣の選手はエネルギー不足で貧血になると靱帯を切りやすいと言えます⇒マーカー選別育種



「エネルギー不足」は内分泌系、運動器に影響を与えスポーツができなくなる3つの徴候としていましたが、ここに新たにサインの一つとして貧血・鉄欠乏を加えることを提案します。女性アスリートのみならずスポーツ障害の根冠は「エネルギー不足」女性の場合「月経」というサインがあるのが男性と異なる点だといえないでしょうか。

「エネルギー不足」を予防するの？

中学・高校での **重篤なケガを防ぐ**

(疲労骨折・膝前十字靱帯損傷)

つまり最終目標はスポーツ障害を予防することです。無月経を無くすことではないので、特に初経を迎えていない小学生についてはきちんと意味合いを伝え「エネルギー不足」の予防が、ひいては無月経、骨粗鬆症そして貧血の予防につながりそれが「スポーツ障害」の予防のためのなってはいけないサインであることを理解して頂ければと考えます。